



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV GEODÉZIE

INSTITUTE OF GEODESY

**REAMBULACE A DOMĚŘENÍ ÚČELOVÉ MAPY
POVRCHOVÉ SITUACE (ÚMPS)**

REVISION AND SURVEY OF LARGE SCALE THEMATIC MAP OF THE SURFACE SITUATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

David Penk

VEDOUcí PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PETR KALVODA, Ph.D.

BRNO 2019



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3646 Geodézie a kartografie
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3646R003 Geodézie, kartografie a geoinformatika
Pracoviště	Ústav geodézie

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	David Penk
Název	Reambulace a doměření účelové mapy povrchové situace (ÚMPS)
Vedoucí práce	Ing. Petr Kalvoda, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2018
Datum odevzdání	24. 5. 2019

V Brně dne 30. 11. 2018

doc. Ing. Radovan Machotka, Ph.D.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Uživatelské příručky programu GeoStore V6, jeho modulů, nadstaveb a utilit.

Metodický pokyn GRID_MP_G11_12_04 - Zaměření plynárenského zařízení a vyhotovení digitální technické mapy v jeho okolí, GasNet, s.r.o.

Metodika ČEZd_ME_0088r01 - Projektová dokumentace, dokumentace skutečného provedení stavby a geodetické zaměření DSPS, ČEZ Distribuce, a. s.

Metodický pokyn pro aktualizaci účelové mapy povrchové situace východních Čech, GEOVAP, spol. s.r.o.

http://www.vugtk.cz/euradin/TB02CUZK002/DOC/Z-OT_TB02CUZK002_MapOO.pdf

VÚGTK. Odborný slovník. Vugtk.cz [online]. © 2005-2012 [cit. 2012-1-16]. Dostupné

z: <http://www.vugtk.cz/slovník/>

Citační manažer Citace PRO dostupný z: <https://citace.lib.vutbr.cz/>

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Provedte reambulaci části souborného mapového díla v systému GeoStore V6 kombinací vyhodnocení mračna bodů z mobilního skenovacího zařízení a pochůzky s doměřením GNSS aparaturou. Využijte databázových informací o původu dat. Porovnejte výhody a nevýhody pořizování a údržby mapy klasickými metodami a mobilním mapováním.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Petr Kalvoda, Ph.D.

Vedoucí bakalářské práce

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

David Penk *Reambulace a doměření účelové mapy povrchové situace (ÚMPS)*. Brno, 2019. 51 s., 2 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce Ing. Petr Kalvoda, Ph.D.

ABSTRACT

Cílem bakalářské práce je reambulace účelové mapy povrchové situace východních Čech v části obce Chvojenec. Reambulace je prováděna pomocí mobilního mapovacího systému, přičemž tato bakalářská práce se zaměřuje především na vyhodnocení naměřených dat získaných laserovým skenováním. Výsledná mapa by měla sloužit jako mapový podklad pro projekt opravy plynovodu.

ABSTRACT

The main object of bachelor thesis is revision and survey of large scale thematic map of the surface situation in village Chvojenec. Map updating is using data from mobile scanning system. This bachelor thesis is focused on data processing collected by laser scanning. Final map should serve as a base map for project of gas pipeline repair.

KLÍČOVÁ SLOVA

Reambulace, mobilní skenovací systém, mračno bodů, technická mapa

KEY WORDS

Map updating, mobile scanning system, point of clouds, technical map

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Reambulace a doměření účelové mapy povrchové situace (ÚMPS)* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 14. 5. 2019

David Penk
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Reambulace a doměření účelové mapy povrchové situace (ÚMPS)* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 14. 5. 2019

David Penk
autor práce

Poděkování:

Tímto bych rád poděkoval firmě GEOVAP, spol. s r.o. za zadání bakalářské práce, poskytnutí veškerého softwarového vybavení a za odborné rady a vedení během tvorby praktické části práce.

Dále děkuji mému vedoucímu Ing. Petru Kalvodovi, PhD. za konzultace a rady při psaní textové části práce.

V Brně dne 14. 5. 2019

David Penk
autor práce

Obsah

1	Úvod	9
2	Teorie map	10
2.1	Mapa	10
2.2	Dělení map velkých měřítek	10
2.3	Technická mapa	10
2.4	Účelová mapa povrchové situace	11
2.4.1	Metodické pokyny pro aktualizaci ÚMPS	11
3	Reambulace	12
3.1	Definice	12
3.2	Reambulace technické mapy	12
3.3	Reambulace klasickým způsobem	12
3.4	Reambulace s využitím MMS	12
4	Popis MMS	13
4.1	Popis mapovacího zařízení	13
4.2	LYNX Mobile Mapper	14
4.3	Popis metody	15
4.3.1	Princip	15
4.3.2	Sběr dat	15
4.3.3	Příprava dat na zpracování	15
4.4	Vývoj	17
4.5	Přesnost	18
4.6	Využití	18
5	Popis GeoStore V6	19
6	Zpracování v programu GeoStore V6	20
6.1	Aplikace ADISPLAY	20
6.2	Připojení kladu mračen, trajektorie a fotek	21
6.3	Načtení mračen	21
6.4	Zobrazení mračen	23
6.5	3D okno	24
6.6	Vlastní zpracování	25
6.6.1	Určení polohy bodu	25
6.6.2	Určení výšky bodu	26

6.6.3	Mapování objektů.....	27
6.6.4	Kreslení.....	29
7	Zvláštní případy.....	31
8	Doměření.....	33
8.1	Vodní plochy.....	33
8.2	Povrchové znaky inženýrských sítí.....	33
8.3	Vhloubené terénní tvary.....	33
8.4	Načtení naměřených dat.....	34
9	Testování homogenity.....	36
9.1	Aplikace Detektiv.....	36
9.1.1	Porovnání bodů z mračna a původní mapy.....	38
9.2	Aplikace Transformace	40
10	Aplikace Revize.....	42
10.1	Popis	42
10.2	Grafika.....	42
10.3	Topologie	43
10.4	Body.....	44
11	Porovnání klasické reambulace a pomocí MMS	45
11.1	Šoupata a zastíněné prostory.....	45
11.2	Mírně posunuté objekty	45
11.3	Časová náročnost	46
12	Závěr.....	47
13	Bibliografie.....	48
14	Seznam obrázků a tabulek	50
15	Seznam grafů	50
16	Seznam použitých zkratk	51
17	Seznam příloh.....	51

1 Úvod

V současné době se v geodetické praxi hledí především na urychlení a usnadnění prací. Za tímto účelem vzniká, díky současnému technologickému vývoji velké množství moderních přístrojů, pomůcek a metod. Jednou z nich je metoda mobilního mapování. Ta by měla najít využití hlavně u mapování větších území v okolí komunikací. Její výhoda je především v rychlosti sběru dat, čímž se dají značně snížit různé vlivy znesnadňující práci v terénu. Metoda svojí přesností splňuje požadovanou přesnost pro ÚMPS čímž je střední souřadnicová chyba ± 14 cm a střední výšková chyba ± 0.12 cm. V důsledku toho může tato metoda plně nahradit nejčastěji používanou polární metodu a měření pomocí GNSS.

Následující bakalářská práce se zabývá reambulací Účelové mapy povrchové situace pomocí dat získaných z mobilního mapovacího systému. Ve většině práce věnuji pozornost především jejich zpracování v programu GeoStore V6 a práci s tímto programem. Závěr práce je věnován testování přesnosti MMS a porovnání výhod reambulace běžným způsobem a metodou MMS.

Bodová mračna a informace o přesnosti s jakou byly zpracovány mi stejně jako metodický pokyn pro aktualizaci účelové mapy povrchové situace poskytla firma Geovap, spol. s r.o.. Výsledná reambulovaná mapa bude sloužit jako mapový podklad pro projekt opravy plynovodu v obci Chvojenec.

2 Teorie map

2.1 Mapa

„Mapa je zmenšený generalizovaný konvenční obraz Země, kosmu, kosmických těles nebo jejich částí převedený do roviny pomocí matematicky definovaných vztahů (kartografickým zobrazením), ukazující v závislosti na daném účelu polohu, stav a vztahy přírodních, sociálně-ekonomických a technických objektů a jevů, které jsou vizuálně vyjádřeny znakovým systémem.“ (ČSN 73 0402, 2010)

2.2 Dělení map velkých měřítek

ČSN 01 3410 dělí mapy velkých měřítek podle obsahu na:

- a) základní mapy, tj. mapy se základním, všeobecně využitelným obsahem stanoveným příslušným technickým předpisem, vznikající zpravidla původním mapováním; ze základních map jsou odvozovány mapy menších měřítek, popř. slouží jako základ pro tematické mapy;
- b) účelové mapy (tematické mapy velkých měřítek), které obsahují kromě prvku základní mapy další předměty šetření a měření stanovené pro daný účel. (ČSN 01 3410, 1990)

2.3 Technická mapa

Technická mapa je, dle zákona č. 200/1994 Sb. (Zeměměřický zákon, § 2 písm. m), mapovým dílem velkého měřítka vedeným na prostředcích výpočetní techniky s podrobným zákresem přírodních a technických objektů a zařízení vyjadřujícím jejich skutečný stav. Technická mapa se dělí na účelovou mapu povrchové situace („ÚMPS“) a inženýrské sítě („IS“).

Technická mapa je mapové dílo, v němž se setkávají a uchovávají informace získané zejména geodetickým měřením v rámci projekčních a stavebních prací. Dílo, v němž můžete vedle sebe vidět data obcí, velkých společností i občanů. Technickou mapu můžete efektivně využívat zejména v oblastech:

- Správa majetku
- Pasporty majetku
- Podklady pro projektování staveb
- Řešení havarijních situací
- Evidence průběhů inženýrských sítí obce, právnických i fyzických osob

(Technická mapa, n. d.)

Technická mapa se skládá z prvků ÚMPS, jako jsou budovy, oplocení, komunikace, povrchové znaky inženýrských sítí, bodové objekty, zeleň apod.), a z inženýrských sítí. Sběr těchto dat provádíme klasickými geodetickými metodami, mobilním laserovým skenováním nebo fotogrammetrickými metodami.

2.4 Účelová mapa povrchové situace

„ÚMPS se rozumí interpretace objektů nacházejících se na zemském povrchu v náplni obvyklé pro digitální technickou mapu města. Náplň a forma dat je dána technickými předpisy jednotlivých účastníků Sdružení správců východních Čech. Územní vymezení účelové mapy povrchové situace SSVČ je dáno přibližně prostorem bývalého Východočeského kraje, ale může být rozšířeno i na území vně tohoto prostoru, podle potřeby členů SSVČ.“ (Metodický pokyn pro aktualizaci ÚMPS VC, 2009)

2.4.1 Metodické pokyny pro aktualizaci ÚMPS

Tvorba a aktualizace účelové mapy povrchové situace pro účely stavby plynovodů a ostatních plynárenských zařízení je upravena v metodickém pokynu GRID_MP_G11_12_04. Tento dokument řeší nejenom obsah měření, ale i vztahy a povinnosti investora a zhotovitele stavby, zhotovitele zaměření, výslednou formu geodetické dokumentace a postup při jejím předávání.

Jsou zde stanoveny obecné podmínky pro mapování:

- souřadnicový systém S-JTSK, výškový systém Bpv,
- střední souřadnicová chyba ± 14 cm (původní 3. třída přesnosti),
- střední výšková chyba $m_v \pm 12$ cm,
- měřítko mapování 1 : 500.

(Pácal, 2016)

METODICKÝ POKYN PRO AKTUALIZACI ÚMPS VC

Pro samotné měření, v našem případě pro vyhodnocování mračna bodů, je důležitá zejména část D.2, ve které je popsán obsah měření a pravidla pro jeho zobrazování v mapě. Mapované území je v rozsahu uličního prostoru přilehlého k plynárenskému zařízení. Bude zaměřena povrchová situace podél plynárenských zařízení v šířce přibližně 30 m na obě strany od zaměřovaného. V zastavěné části obce (intravilánu), kde je dostatek pevných a jednoznačně identifikovatelných bodů, může být širší zaměření užší (zaměření se provádí včetně výškopisu). V extravilánu, kde je těchto význačných bodů nedostatek, mohou být zaměřeny význačné body i za hranicí pruhu širokého 30 m. Jedná se především o mezníky vlastnických hranic, meze a příkopy apod. (Pácal, 2016)

3 Reambulace

3.1 Definice

VÚGTK definuje reambulaci jako jednorázové vyšetření, zaměření a zobrazení změn předmětů měření a šetření do dané mapy. („Slovník VÚGTK”, c2005-2019)

3.2 Reambulace technické mapy

V případě využití stávajících podkladů je potřebné provést reambulaci účelové mapy povrchové situace a uvést mapu do aktuálního stavu. Proč nevytvořit nové geodetické měření bez ohledu na stávající podklady a zabývat se minulostí? Řada informací o objektech technické mapy je dostupná pouze v okamžiku jejich vzniku a nelze je již zpětně pořídit nebo pouze v případě vyšších nákladů či jiných komplikací – objekty jsou velmi často na soukromých a nepřístupných pozemcích, je nutné jejich vytýčení apod. Neméně důležitou součástí je verifikace vstupů do technické mapy a zjištění homogenity dat.

V procesu reambulace je u stávajících dat kontrolována jejich přesnost a úplnost a následně jsou vytipována území, která je nutné doplnit. Stejně jako v případě tvorby i zde používáme kombinaci klasické geodézie a mobilního laserové skenování, s jehož pomocí efektivně zkontrolujete stávající data a odhalíte i drobné změny v mapě, ale zejména doplníte nové objekty technické mapy. (Technická mapa, n. d.)

3.3 Reambulace klasickým způsobem

Před tím, než se vydáme do terénu, je nutné provést přípravu. Je potřeba si připravit tisk původní mapy reambulovaného území. S ním se poté provede pochůzka v terénu, při níž porovnáváme skutečný stav s obsahem mapy. Veškeré rozdíly zaznačíme do vytištěné mapy. Po pochůzce v terénu následuje doměření změřených a chybějících objektů, které mají být obsahem mapy. Nově zaměřené objekty doplníme nebo opravíme v původní mapě.

3.4 Reambulace s využitím MMS

Reambulace MMS se od reambulace klasickým způsobem liší především v tom, že není měřen pouze obsah, který neodpovídá původní mapě, ale je zaměřeno celé zájmové území. Porovnání skutečného stavu se stavem zobrazeným v mapě probíhá ve vhodném programu. V tomto programu je k mapě referenčně připojeno mračno bodů, což umožňuje efektivní srovnání a analýzu rozdílů.

4 Popis MMS

4.1 Popis mapovacího zařízení

Mobilní mapovací systémy se skládají z několika důležitých součástí. Tyto součásti se mohou lišit podle výrobce, ale princip zůstává stejný. Každý jednotlivý systém musí být složen z mnoha zařízení, která jsou schopna určit polohu a orientaci a která umožňují sběr dat. Základní součásti na určování polohy a orientace jsou GNSS (globální navigační satelitní systém), IMU (inerciální měřicí jednotka). Patří sem také odometr připevněný na kolech vozidla, který měří ujetou vzdálenost. Pro sběr dat slouží především různé typy laserových skenerů a digitálních kamer. Pro ukládání dat se používá počítač (nároky jsou kladeny zejména na výkon procesoru, grafické karty a kapacitu a rychlost harddisků), který zároveň i celý systém řídí. (Manda, 2013)

GNSS přijímač

Přijímač globálního navigačního satelitního systému je primární zařízení, které se používá v mobilních mapovacích systémech pro určení absolutní polohy jedoucího vozidla a jeho zobrazovacích (kamery) a skenovacích (laserový skener) zařízení.

Inerciální měřicí jednotka

Hlavní součásti inerciální měřicí jednotky (IMU) jsou gyroskopy a akcelerometry. Pomocí gyroskopů jsme schopni určit rotační prvky vnější orientace a akcelerometry poskytují údaje o rychlosti a poloze. IMU určuje svoji polohu a orientaci tím, že kontinuálně měří tři ortogonální lineární zrychlení a tři úhlové hodnoty.

Odometr

Odometr je zařízení pro měření vzdálenosti a rychlosti pohybu. Odometry se používají jako doplňkové zařízení pro GNSS/IMU systém, pro zlepšení přesnosti. Jsou nezbytné v městských oblastech, kde GNSS měření může být někdy znemožněno kvůli blokování satelitních signálů vysokými objekty, jako jsou budovy a stromy.

Digitální kamera

Digitální kamery slouží k obrazové dokumentaci zájmového území. Počet a rozmístění digitálních kamer závisí především na typu aplikace, pro kterou jsou data sbírána a na způsobu, jakým budou informace ze snímku získávány. (Nováčková, 2012)

Laserový skener

Laserové skenery zachycují zájmové území za pomoci měření množství laserových bodů vytvářejících prostorový 3D model.

4.2 LYNX Mobile Mapper

LYNX Mobile Mapper je mobilní mapovací systém kanadské společnosti Optech. Součástí systému je POS LV (Position and Orientation System for land-based vehicle), který umožňuje určit přesnou polohu a orientaci měřícího vozidla v reálném čase, 2-4 kamery, které snímají měřené okolí a jejichž snímky slouží k následné identifikaci prvků, a 2 lidary, které provádí samotné skenování. („quantum 3D“, n. d.)



Obr. 1 LYNX Mobile Mapper („quantum 3D“, c2005-2019)

Technická specifikace lidarů (V200)

- 360° pokrytí
 - rychlost otáčení až 12000 ot/min
 - výstup až 200.000 pulsů/sec
 - měření až 4 odrazy/puls
 - Dosah >200 m (při 20% odrazivosti povrchu) >> zaměření pásu o šířce 400 m
- („quantum 3D“, n. d.)

Výrobce uvádí, že s kvalitním GPS signálem se střední chyba prostorové polohy naměřených bodů pohybuje do 5 cm.

Systém je schopen v zastavěném území zmapovat 40-80km za den, mimo zastavěné území 100km a na silnicích první třídy až 120km za den.

4.3 Popis metody

4.3.1 Princip

Jedná se o neselektivní metodu sběru dat z pohybujícího se dopravního prostředku, v našem případě z auta. Na auto je umístěna dvojice laserových skenerů, které současně a nepřetržitě snímají zájmové území.

Abychom mohli správně určit polohu bodu, je potřeba znát pro každý okamžik polohu systému a směr měření. Za tímto účelem musí MMS také obsahovat GNSS aparaturu a IMU (inerciální měřicí jednotku).

Po získání dat se provede jejich zpracování: výpočet trajektorie jízdy, výpočet mračen bodů, spojování mračen bodů a jejich případná editace. Po provedení těchto kroků můžeme provádět samostatné vyhodnocení mračen bodů. Jelikož se jedná o neselektivní metodu, je potřeba si z mračna vyselektovat jednotlivé prvky, které mají tvořit obsah mapy.

4.3.2 Sběr dat

Sběr dat se provádí najetím jednotlivých uličních čar. Každá musí být najeta oběma směry, tím se sníží vliv zakrytých prostor. Na kvalitu dat má také vliv charakter jízdy, především její rychlost. S nízkou rychlostí jízdy roste hustota bodového mračna.

MMS kromě laserových skenerů a GNSS aparatury obsahuje také kamery snímající prostor měření. Takto získané fotografie pak pomáhají při vyhodnocování mračen bodů.

4.3.3 Příprava dat na zpracování

Než přistoupíme k samotné selekci bodů a vektorizaci bodového mračna je nutné provést zpracování naměřených dat. To se skládá z výpočtu trajektorie jízdy, tvorba mračen bodů, spojování bodových mračen, jejich editace a kontrola přesnosti.

„Výpočet trajektorie jízdy

Nejprve je nutné spočítat trajektorii jízdy. Pokud se výpočet nezdaří, nelze provádět další výpočty a celé měření se musí opakovat. Výpočty trajektorií byly provedeny v softwaru POSPac MMS od firmy Applanix. Trajektorie zaznamenaná mobilním mapovacím systémem je při výpočtu zpřesňována daty získanými ze sítě permanentních stanic GPS (v našem případě CZEPOS) nebo ze statického měření na základně. Každá trajektorie má z výpočtu určenou i svou 3D kvalitu. V praxi se vypočtené trajektorie jízdy zobrazí ve výkresovém souboru, kde je jejich různá 3D kvalita reprezentována barvami. Při spojování mračen bodů se snažíme části mračen bodů z nepřesnějších trajektorií nahrazovat ekvivalentními částmi mračen bodů určených z přesnějších trajektorií.

Tvorba mračen bodů

Vypočtená trajektorie jízdy se spojí se surovými daty ze skenerů. Ke spojování byl použit software DASHMap Survey Suite od firmy Optech. Výsledkem jsou mračna bodů v souřadnicovém systému UTM. Každý bod z mračna si s sebou nese informace o své 3D poloze (souřadnice XYZ) a GPS čas. Časový údaj se váže k okamžiku, kdy byl bod zaměřen.

Nyní máme k dispozici surová mračna bodů. Široká ulice se zaměřuje najetím ze dvou směrů (tam a zpět). To znamená že, je složena ze dvou pásů (strip) a každý strip je zaznamenáván oběma skenery. Výsledkem jsou čtyři mračna bodů, která jsou vlivem různých přesností trajektorií a špatnou kalibrací skenerů, vůči sobě lehce posunuta. Všechna čtyři mračna je nutné spojit v jeden celek, proces spojování mračen se nazývá matching.

Spojování mračen bodů

Spojování mračen bodů probíhá nejprve v rovině XY. Začíná se spojením mračen bodů z obou skenerů pořízené při jednom stripu. Na úseku, který zajišťuje kvalitní GPS signál a dostatek jednoznačně identifikovatelných bodů, se provede kalibrace laserových senzorů. Vypočtené odchylky se aplikují na všechna ostatní mračna, čímž se vyrovnají drobné difference v geometrickém uspořádání senzorů. Jednotlivé stripy se spojují opět přes jednoznačně identifikovatelné body. Je vhodné volit body blíže trajektorii jízdy, které jsou určeny přesněji. Nevhodné jsou body změřené při najetí oblouku, které mají zhoršenou přesnost. Přesnost je zhoršena hlavně vlivem náklonů automobilu

v zatáčce, se kterými se musí IMU vypořádat. Jednoznačně identifikovatelné body se volí po intervalu 20-50 m.

Po spojení mračen v rovině XY je třeba je spojit i výškově. Výškové spojování se děje automatizovaně. Program spojuje mračna bodů pomocí řezů prokládaných v rovině kolmé na trajektorii jízdy.

Všechny předchozí operace s daty probíhaly v implicitním souřadném systému UTM. Body si s sebou nesou stále i informaci o GPS čase. Pro vyhodnocování dat se mračna bodů převádí do požadovaného souřadnicového systému. Transformací se ztratí informace o GPS čase, proto se transformace provádí až nakonec.

Kontrola přesnosti

Polohová a výšková přesnost naměřených dat se ověřuje dvěma způsoby. Máme-li v místě měření k dispozici mapu situace v požadované přesnosti, porovnáváme souřadnice z mračna bodů se souřadnicemi jednoznačně identifikovatelných bodů mapy. Většinou ale není podkladová mapa v místě měření dostupná. V tom případě se zaměří vybrané jednoznačně identifikovatelné body podél trasy měření jinou metodou. Jestliže přesnost neodpovídá požadavkům, je možné mračna bodů na jednoznačně identifikovatelné body transformovat.

Práce se spojenými mračny bodů je extrémně náročná hlavně na hardware. Z toho důvodu se mračna rozdělují na menší části. Vyhotoví se přehledka kladu mračen bodů a výstupy se předají k dalšímu zpracování.“ (Cimpl, 2013)

4.4 Vývoj

„Vývoj mobilních mapovacích systémů začal teprve nedávno. První takový systém vznikl na začátku devadesátých let v CFM (Center for Mapping) na Ohio State University a jmenoval se GPSVan. Relativní přesnost systému byla 10 cm, absolutní přesnost za použití kódových měření byla kolem 1-3 m. O tyto systémy zpočátku nebyl příliš velký zájem ze strany hlavního proudu mapovacího průmyslu. Postupem času ale vzrostla poptávka do té míry, že v současné době existuje několik dodavatelů nabízející mobilní mapovací systémy na trh.“ (Manda, 2013)

4.5 Přesnost

Nejvýraznějšími faktory, ovlivňujícími přesnost MMS, je určení prostorové polohy a orientace systému. Při použití MMS v městské zástavbě, pro kterou je MMS často využíván, vzniká problém s příjmem GNSS signálu. Při jeho výpadku se systém spoléhá na data z IMU (popřípadě odometrů). Nicméně přesnost IMU s časem rychle klesá, takže při déletrvajícím výpadku nelze očekávat příznivé výsledky. Špatné určení polohy a orientace systému poté nepříznivě ovlivní i zpracování naměřených dat.

Dále je přesnost ovlivněna samotnými zařízeními pro sběr dat. Laserové skenery mají přesnost závislou na vzdálenosti a odrazivosti měřených objektů. Také je důležité, aby skenovaly dostatečně podrobně. Jsou-li totiž mezi měřenými body velké mezery, není možno vybrat požadovaný bod s dostatečnou přesností.

Velmi důležité je také správné časové přiřazení naměřených dat. MMS se skládá z více jednotlivých zařízení a je proto nutné, aby se tyto časově sjednotily. Na základě času totiž pořízeným datům (digitálním snímkům, laserovým bodům) přiřadíme i správnou prostorovou polohu (z GNSS/IMU měření). Posledním výrazným faktorem ovlivňujícím přesnost MMS je i správná kalibrace systému. (Ravčuk, 2011)

Bodová mračna, která nám byla poskytnuta firmou Geovap, spol. s r.o. byla zpracována se střední souřadnicovou chybou $M_{xy}=0,08\text{m}$ a střední výškovou chybou $M_v=0,12\text{m}$.

4.6 Využití

Metoda se využije zejména v lokalitách, kde je použití běžných geodetických metod časově velmi náročné a nevhodné. Aby bylo vůbec užití možné, musí být mapované území přístupné pro konkrétní dopravní prostředek, na kterém je MMS umístěn. Běžně se jedná o místa v okolí komunikací a železnic.

5 Popis GeoStore V6

GeoStore V6 je moderní GIS systém vyvinutý v technologii Microsoft .NET. Spojuje v sobě nejdůležitější funkce pro tvorbu, aktualizaci a správu geografických dat s pokročilými funkcemi GIS. Může sloužit jako výkonný grafický editor s plnou škálou editačních funkcí obvyklých u CAD nástrojů nebo jako pokročilý desktopový GIS systém. GeoStore V6 pracuje se souborovými daty v běžně používaných formátech DGN, SHP, DXF, GML. Geografická data mohou být dále čtena a ukládána do SQL databází ORACLE, ORACLE Spatial a MS SQL Server. GeoStore V6 pracuje při práci s SQL databází v režimu klient/databázový server nebo je schopen práce v režimu klient/aplikační server/databázový server, tím umožňuje provádět tvorbu a editaci dat prostřednictvím Internetového/intranetového připojení na vzdálených serverech.

GeoStore V6 je systém založený na standardech současné geoinformatiky. Nativním formátem pro uložení dat do SQL databází je WKB (Well Known Binary) standard dle OGC SFS for SQL 1.1. Samozřejmostí je čtení a ukládání geografických dat do souborů podle specifikace GML 1.3. V systému jsou integrovány funkce WMS klienta pro načítání dat z Internetových WMS zdrojů dle standardu OGC WMS 1.3.

GeoStore V6 je programovatelný systém. Hlavní metody a datové struktury jádra systému (objektů resp. tříd) jsou veřejné. To přináší nejvyšší stupeň otevřenosti vůči uživatelům-vývojářům. Ti mohou rozvíjet funkcionalitu systému vlastními moduly a aplikacemi vyvíjenými standardními prostředky technologie .NET. (Uživatelská příručka GeoVýpočty GV V6, n. d.)

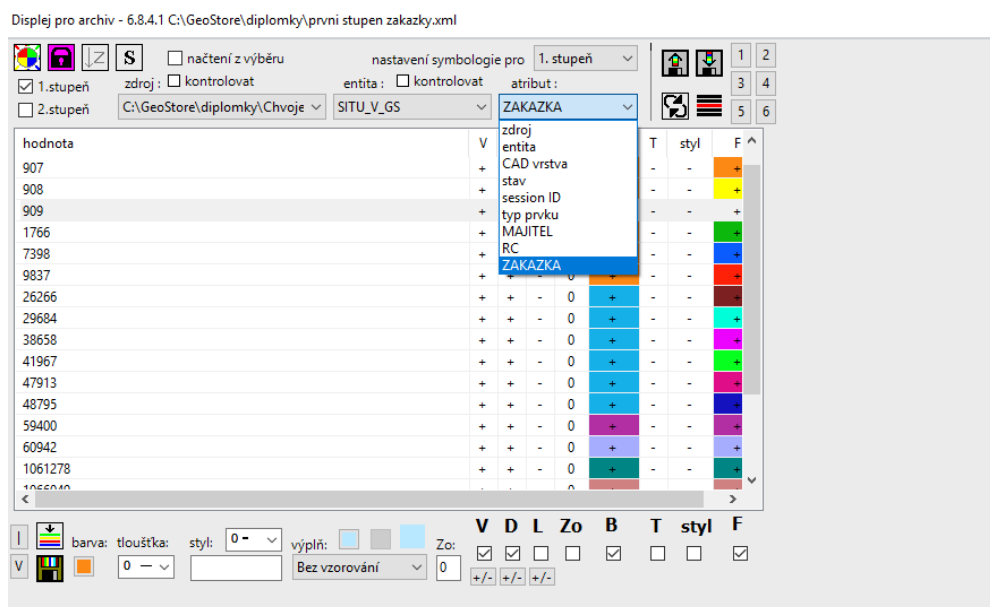
6 Zpracování v programu GeoStore V6

6.1 Aplikace ADISPLAY

Aplikace ADISPLAY slouží k dočasné resymbolizaci grafických prvků mapy. Jde pouze o změnu vzhledu zobrazení na obrazovce, nikoli o fyzickou změnu samotných grafických atributů. (Uživatelská příručka ADISPLAY, n. d.) Tyto změny provádíme na základě negrafických atributů prvků, jako je například typ prvku, zakázka nebo CAD vrstva. Můžeme si tedy změnit barvy u zakázek podle data jejich pořízení, v určitých intervalech nebo každé zakázce přiřadit samostatnou barvu. Tím získáme představu o stáří jednotlivých částí mapy, a navíc odlišíme námi vytvářenou novou kresbu od původní.

Symbologii lze nastavovat pro 1. a 2. stupeň. Nejprve ji nastavujeme pro první stupeň. Změna proběhne u prvků, u nichž je nastavena konkrétní hodnota. Poté můžeme nastavit druhý stupeň. Změna opět proběhne u prvků s nastavenou konkrétní hodnotou, včetně těch prvků, které jsou již změněny v 1. stupni. Pokud u prvku neupravíme hodnotu pro 2. stupeň, zůstane stav nastavený pro 1. stupeň. Dá se tedy říct, že druhý stupeň je nadřazený prvnímu.

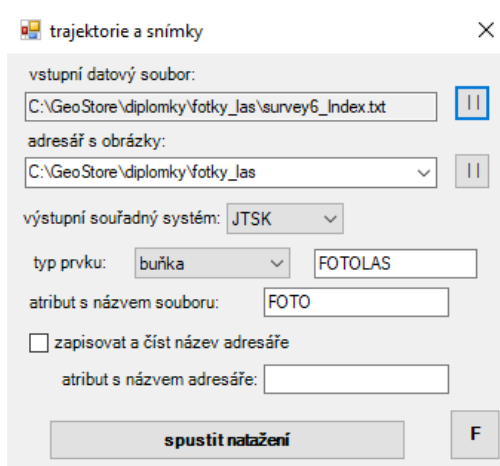
Uživatelské nastavení resymbolizace lze uložit ve formátu XML.



Obrázek 1 Aplikace ADisplay

6.2 Připojení kladu mračen, trajektorie a fotek

V nadstavbě V6-3D lze připojovat georeferencované fotografie pořízené z MMS během měření. V okně V6-3D vyberme funkci „Trajektorie měření“. Následně v tabulce vyplníme vstupní datový soubor, což je soubor obsahující informace o trajektorii měření ve formátu .TXT. Dále v tabulce vyplníme adresář, v němž jsou uloženy pořízené fotky, výstupní souřadnicový systém a typ prvku a spustíme natažení. Po natažení se v okolí trajektorie zobrazí zvolené buňky. Jednotlivé fotky si potom můžeme zobrazovat kliknutím na tlačítko „F“ v tabulce „trajektorie a snímky“ a následným kliknutím na vybranou buňku.



trajektorie a snímky

vstupní datový soubor: C:\GeoStore\diplomky\ fotky _las\survey6_index.txt

adresář s obrázky: C:\GeoStore\diplomky\ fotky _las

výstupní souřadný systém: JTSK

typ prvku: buňka FOTOLAS

atribut s názvem souboru: FOTO

☐ zapisovat a čistit název adresáře

atribut s názvem adresáře:

spustit natažení F

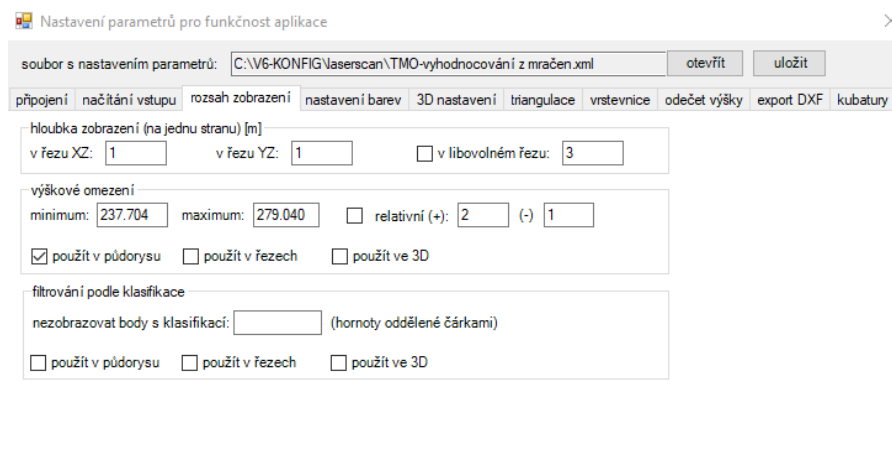
Obr. 3 Trajektorie a snímky

6.3 Načtení mračen

Před načtením mračna bodů si je potřeba projít nastavení parametrů pro funkčnost aplikace a případně nastavení upravit.

Rozsah zobrazení

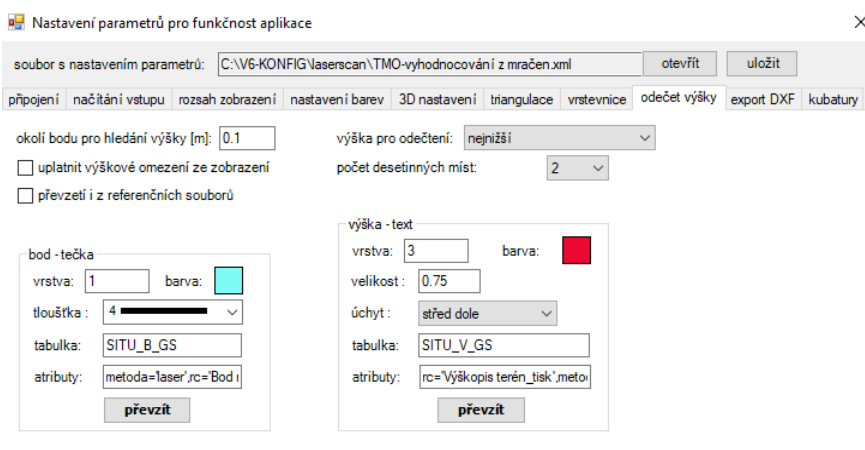
V kartě rozsah zobrazení můžeme nastavovat šířky řezů v jednotlivých pohledech. Můžeme zde také výškově omezit bodové mračno pomocí zadání minimální a maximální výšky. Body nacházející se mimo tento interval se nezobrazí. Lze toho využít například pro odříznutí nadzemních vedení nebo korun vzrostlých stromů. Tím zamezíme nechtěnému zachytávání na tyto body a snížíme náročnost na počítač. Nakonec zde můžeme filtrovat body podle jejich klasifikace.



Obr. 4 Rozsah zobrazení

Odečet výšky

V této kartě můžeme definovat symbologii a atributy pro nově vzniklé body a jejich výšky. Dále zde definujeme okolí pro hledání výšky bodu. Tato hodnota určuje poloměr válce se středem v bodě zadaném v půdorysu, ve kterém bude hledán bod, který splňuje parametr. Lze nastavit také výšku pro odečet. Tato hodnota určuje, který bod z válce bude vybrán. Možnosti jsou nejvyšší, nejnižší, průměrná a nulová. V levé části se také nachází přepínač, který určuje, zda uplatníme výškové omezení ze zobrazení. (Uživatelská příručka aplikace V6_3D pro prostředí GeoStore V6, n. d.)



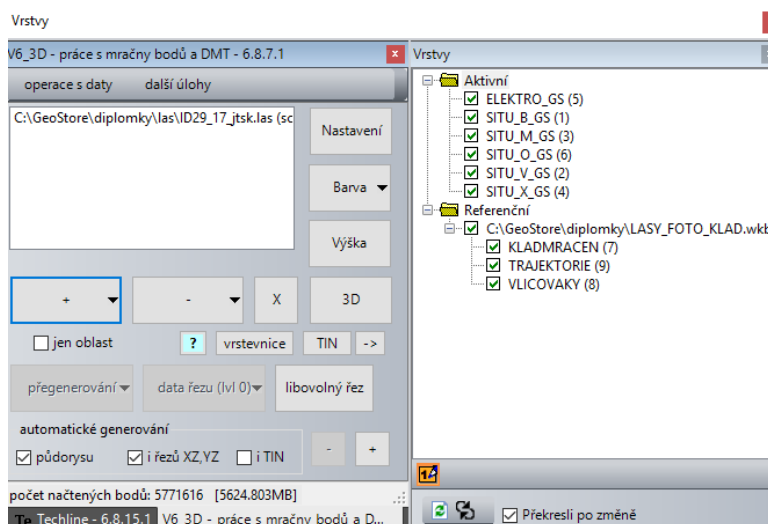
Obr. 5 Odečet výšky

Velmi důležité je především nastavení výšky pro odečet. Skenery zachytí veškeré nerovnosti na terénu, nejružnější kamínky, trávu a podobně. Pokud máme špatné nastavení, neurčíme správně výšku terénu, ale například výšku travního porostu nebo nerovnosti.

Veškeré uživatelské nastavení lze uložit ve formátu .XML.

Mračno vzniklé ze zpracování naměřených dat bylo rozděleno na několik menších. Práce s takto obsáhlým mračnem by značně zpomalovala rychlost a plynulost vyhodnocování, nemluvě o tom, že počítače se slabším výkonem by vůbec nebyly schopny takto náročný úkon provést. Pro přehled nad umístěním jednotlivých mračen byl vytvořen soubor .wkb obsahující přehled kladu mračen, který si referenčně připojíme k upravované mapě.

Soubory s mračny mají příponu .LAS. V tabulce V6-3D zvolíme tlačítko „+“ pro připojení bodových mračen. Stejným způsobem pomocí tlačítka „-“ můžeme mračna odpojit.



Obr. 6 Připojení mračen

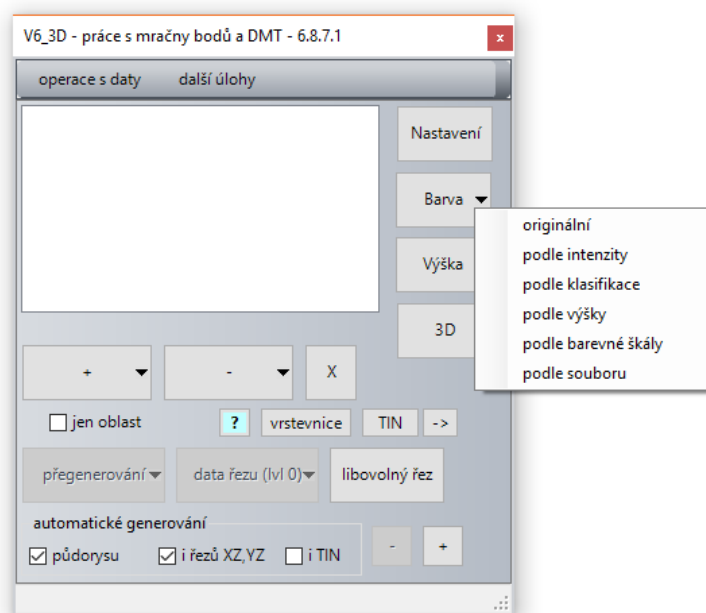
6.4 Zobrazení mračen

Načtená bodová mračna lze obarvit podle různých kritérií a požadavků. Data můžeme přebarvit pomocí tlačítka „Barva“ v tabulce V6-3D.

Barevné režimy:

Originální – Každý naměřený bod může mít barvu originální podle RGB v datech. Vždy záleží na způsobu předzpracování naměřených dat.

- Podle intenzity – Každý naměřený bod má u sebe hodnotu intenzity odrazu.
- Podle klasifikace – Mračno bodů lze klasifikovat například podle rozdělení do jednotlivých tříd.
- Podle výšky – Mračno bodů lze barevně interpretovat v závislosti na nadmořské výšce.
- (Uživatelská příručka aplikace V6_3D pro prostředí GeoStore V6, n. d.)



Obr. 7 Zobrazení mračen

6.5 3D okno

Ve 3D okně se zobrazí část bodového mračna a vektorové kresby, která je momentálně zobrazena v okně 1 (půdorys). Spustíme ho kliknutím na tlačítko „3D“ v okně „V6_3D“. Po zobrazení mračna a vektoru je možné se v okně pohybovat.

Zájmový bod (střed otáčení)

Je bod, na který se díváme. Je dán středem okna v půdorysu a středem mezi nejvyšší a nejnižší výškou vektoru nebo mračna. Je označen osovým křížem, kde barvy kříže označují směry jednotlivých os X, Y, Z v pořadí RGB- X-R(červená), Y-G(zelená), Z-B(modrá). Jeho souřadnice jsou vypsány v dolním pruhu 3D okna. (Uživatelská příručka aplikace V6_3D pro prostředí GeoStore V6, n. d.)



Obr. 8 3D okno

6.6 Vlastní zpracování

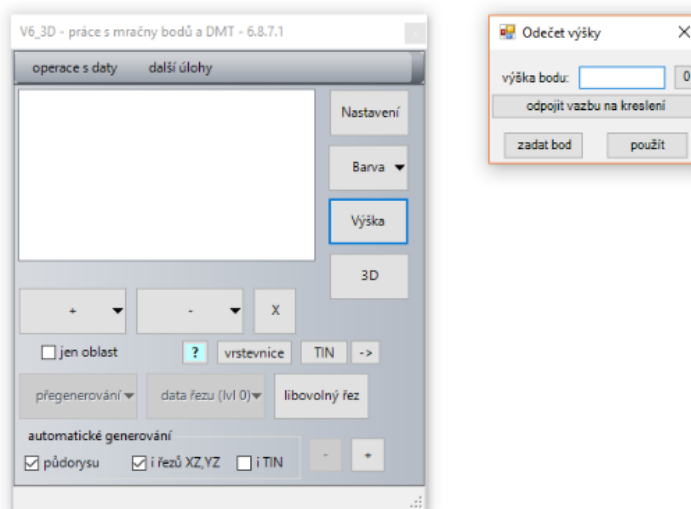
Zpracování (vektORIZACE) bodového mračna spočívá v selekci jednotlivých podrobných bodů. Na základně takto určených bodů, tvaru mračna a dalších pomocných informací získaných například z fotek pořízených při měření realizujeme vektorovou kresbu mapy.

6.6.1 Určení polohy bodu

Určení bodu v okně 1

V okně 1 se zobrazuje půdorys mračna. Při určování bodů se tedy soustředíme především na tvary, které body utvářejí a na hustotu bodů. Pokud tedy v půdorysu identifikujeme prvek, který je předmětem měření, přejdeme na umístování bodů.

Bod umístíme pomocí tlačítka „Výška“ v okně V6_3D a následně tlačítkem „zadat bod“ v tabulce Odečet výšky, která se objeví. Polohu bodu poté vybereme kurzorem myši a tlačítkem „použít“.



Obr. 9 Odečet výšky

Určení bodu ve 3D okně

Určování bodů ve 3D okně má nesmírnou výhodu v tom, že veškeré objekty vidíme prostorově. Je tedy mnohem snazší rozpoznat prvky, které mají být obsahem mapy. Oproti určování bodu v okně 1, kde polohu bodu vybereme kurzorem, zde se přichytáváme na jednotlivé body mračna a z nich vybíráme nový bod, převezmeme tedy jak polohu, tak výšku bodu. Obojí je možné mírně upravit posunutím středu otáčení, což je ovšem značně nepřesné.

Nový bod umístíme klávesovou zkratkou „Ctrl“ + „V“. Bod se umístí v místě středu otáčení.

6.6.2 Určení výšky bodu

Výšku bodu můžeme získat buď při mapování nad mračnem bodů nebo při mapování ve 3D okně.

U mapování při pohledu shora aktivujeme zadání bodu kliknutím na tlačítko „výška“ v okně V6_3D. Na okně „Odečet výšky“, které se objeví, klikneme na „zadat bod“, tím aktivujeme zadávání bodu. Kliknutím do mračna určíme polohu bodu a zároveň vyšleme válec o předem nastaveném poloměru. Výška nově vzniklého bodu se určí, jako výška nejníže položeného bodu mračna nacházejícího se v tomto válci. Tato výška se zobrazí v okně „Odečet výšky“ a lze ji manuálně editovat. Umístění bodu s výškou poté potvrdíme tlačítkem „použít“ nebo klávesou Enter.

Při mapování ve 3D okně se střed otáčení přichytává na jednotlivé body mračna. Kombinací kláves Ctrl+V zadáme nový bod. Poloha i výška bodu odpovídají bodu mračna. Přichytávání na bod můžeme nastavit buď to na nejnižší, nejvyšší nebo na nejbližší.

Výška bodu se do výkresu umístí jako text s atributy nastavenými v kartě „Odečet výšky“.

6.6.3 Mapování objektů

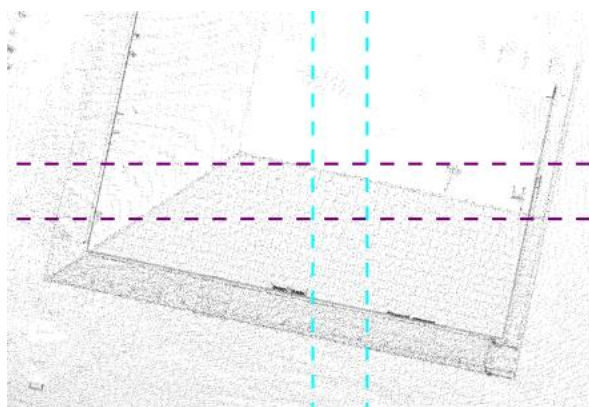
Komunikace a chodníky

Komunikace a chodníky se neefektivněji mapují nad půdorysem mračna. Jsou lehce rozpoznatelné, především díky své lineární skladbě a zvýšené hustotě bodů v místě patníků. Při umisťování podrobných bodů si nastavíme výšku pro odečtení nejnižší a kurzorem klikneme do místa identifikované hranice komunikace.

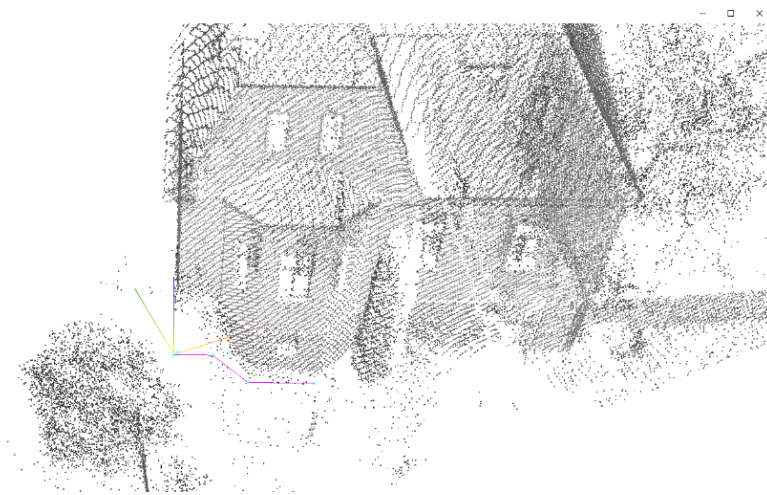
Budovy

Budovy se stejně jako komunikace dají dobře mapovat z půdorysu. Jejich tvar je dobře rozpoznatelný díky vysoké hustotě bodů stěn a volného prostoru uvnitř budovy. Podrobné body umístíme do lomů stěn, které jsou dobře znatelné. Odečítání výšky musí být nastaveno na nejnižší bod.

Je třeba si dávat pozor, zda není některý z lomových bodů ve spodní části zakrytý například vegetací. Z půdorysu mračna to nemusí být zrovna patrné. Vedlo by to k chybnému odečtu výšky.



Obr. 10 Budova shora

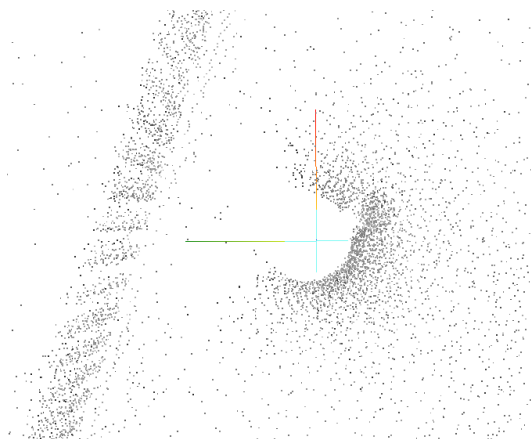


Obr. 11 Budova 3D okno

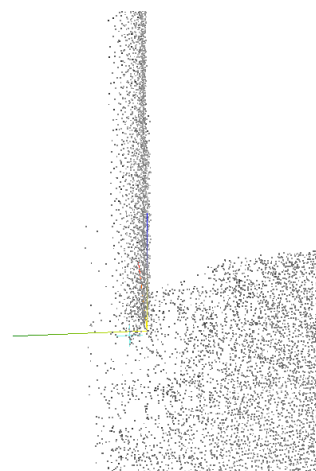
Objekty s vertikální skladbou

U objektů s vertikální skladbou jako jsou například sloupy a stromy potřebujeme znát jejich střed, kde následně umístíme mapovou značku. Při měření polární metodou za využití totální stanice se takové situace řeší například odsazením horizontálního úhlu.

Jednou z možností jak určit podobné objekty je využití 3D okna. Po jeho spuštění se nám zobrazí vymodelovaný povrch pláště. Stejně jako při měření totální stanicí si výšku nového bodu vezmu od paty objektu. Polohu následně získám horizontální posunutím středu otáčení do středu.



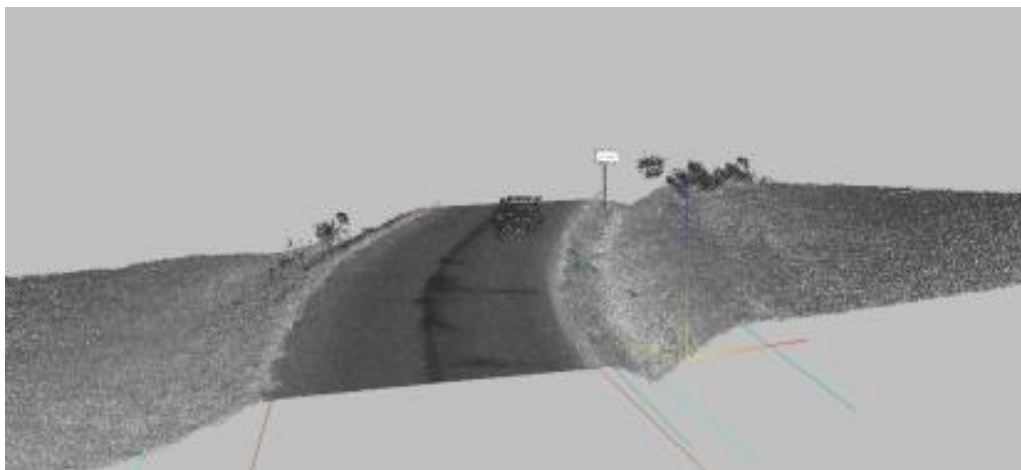
Obr. 12 Sloup shora



Obr. 13 Sloup boční pohled

Terénní tvary

Většina terénních tvarů se lépe mapuje ve 3D okně. V půdorysu většinou nejsou z hustoty bodů patrné, zejména pokud se jedná o tvary se zaoblenými hranami. Jelikož se většinou jedná o nezpevněný terén, je potřeba nezapomenout nastavit přichytávání na nejnižší bod. V opačném případě bychom podrobné body umísťovali například na travní porost, což může v konečném důsledku udělat chybu i více než 15 cm.

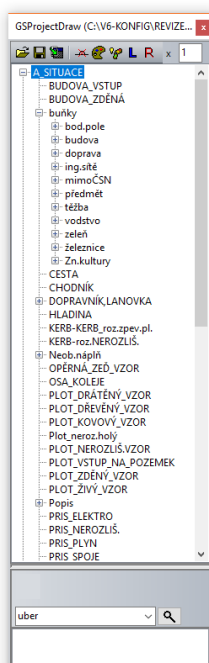


Obr. 14 Silnice 3D okno

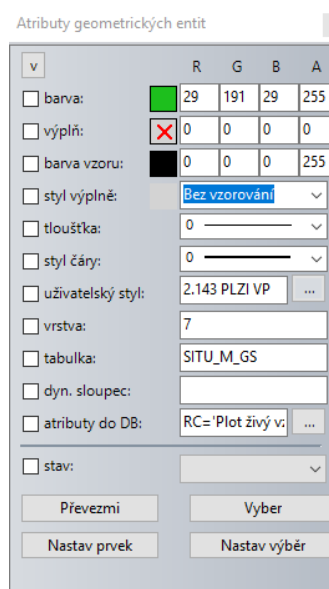
6.6.4 Kreslení

Typy linií a mapových značek jsou již nadefinovány v okně GSProjectDraw dle směrnice. Dvojným poklepáním na prvek, který chceme umístit do výkresu, v okně GSProjectDraw se aktivuje umístění prvku a zároveň se změní nastavení „Atributy geometrických entit“. Toto nastavení obsahuje například barvu, tloušťku, styl čáry, vrstvu, tabulku apod.

Pro uchycení linie nebo značky na bod použijeme třetí tlačítko myši. Můžeme, kliknou do těsné blízkosti bodu, na jeho výšku, anebo na linii, která již z bodu vychází.



Obr. 15 ProjectDraw



Obr. 16 Atributy geometrických entit

Vazba na kreslení

Kresbu linií a umisťování značek můžeme provádět současně s určováním podrobných bodů. Pokud v okně „Odečet výšky“ aktivujeme tlačítko „přidat vazbu na kreslení“, potom se bude vytvářet linie mezi nově určenými body nebo se na ně budou umisťovat značky. Tato funkce bude aktivní, dokud ji nedeaktivujeme tlačítkem „odpojit vazbu na kreslení“.

Kreslení ve 3D okně

Je také možné kreslit linie při určování bodů přímo ve 3D okně. Nejprve určíme první bod a stiskneme klávesu „A“, následně určíme druhý a opětovným stisknutím „A“ se nakreslí linie. Abychom čáru nakreslenou ve 3D okně umístili do výkresu, tak na spodní liště aktivujeme funkci „Nakreslit čáru“. Čára se do výkresu nakreslí s atributy linie, která je momentálně aktivní.

Šrafy

Funkci pro kreslení šraf nalezneme v aplikaci Techline ve funkci GEO-AP kreslení. Úloha obsahuje 2 konstrukční funkce – kreslení spádnic mezi 2 linie a hromadné generování buněk v síti a generování souřadnic jako textových prvků k buňkám.

Po kliknutí na ikonu šraf se spustí procedura pro konstrukci spádnic mezi 2 linie. Otevře se pomocné okno, ve kterém se nastavují parametry pro kreslení. Úloha čeká na zadání 2 linií – prvním bodem se určuje první linie a počátek spuštění spádnic, druhým bodem druhý prvek a bod ukončení spádnic. Druhý prvek nelze vybrat, pokud kolmice na první linii v prvním zadaném bodě neprotíná druhý prvek, nebo pokud nelze zkonstruovat z prvního prvku kolmici do druhého zadaného bodu. (Uživatelská příručka TechLine, n. d.)

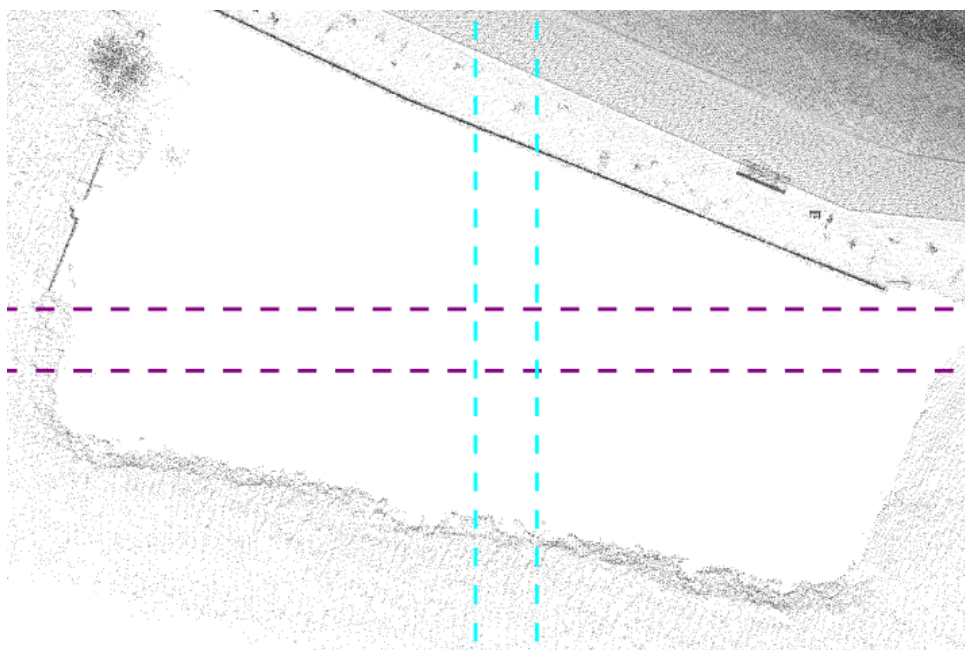
7 Zvláštní případy

Vodní plochy

Při měření v blízkosti vodních ploch nastává problém, že vodní hladinu nelze zaměřit pomocí skeneru použitého v MMS. Ve výsledném mračnu se vůbec nezobrazí. Proto je obtížné identifikovat, kde přesně se nachází styk vodní plochy a přilehlého terénu a výšku hladiny.

Pokud styk nemůžeme žádným způsobem vyhodnotit (například kvůli vegetaci) je potřeba jej v terénu doměřit.

Dále je třeba sledovat, zda se v mračnu nevyskytují další podobné, zpravidla menší, prostory neobsahující žádné body. Může se jednat o louže, které mohou ukrývat prvky polohopisu, které jsou předmětem měření, jako jsou například hydranty a šoupata.

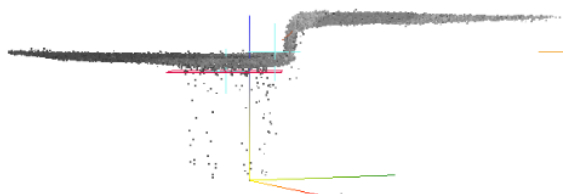


Obr. 17 Vodní plocha

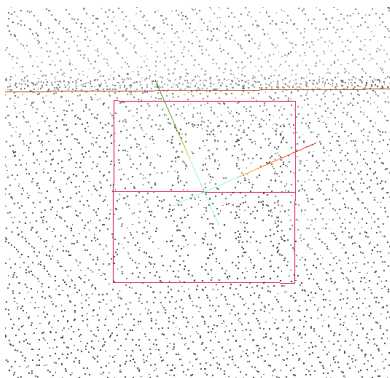
Uliční vpusti

Pokud určujeme bod uliční vpusti v bodovém mračnu, musíme si dávat pozor na šíření laserového paprsku uvnitř vpusti. Při nastavení odečítání výšky na nejnižší bod se bodu přiřadí výška bodu mračna, který byl získán mnohonásobným odrazem paprsku. Tato výška může být i o 0,5 m nižší než je skutečná výška mříže uliční vpusti.

Pokud provádíme vyhodnocení ve 3D okně, nastavíme si přichytávání na nejbližší bod a střed otáčení umístíme do středu mříže. V prostorovém zobrazení dat, na rozdíl od zobrazení půdorysu, si také můžeme pohledově ověřit, zda výšku nebereme od některého z odražených bodů.



Obr. 18 Uliční vpust' boční pohled



Obr. 19 Uliční vpust' pohled shora

8 Doměření

Po vyhodnocení bodového mračna, je někdy nutné, vydat se do terénu, doměřit objekty, které se nacházejí v zakrytých prostorech, nebo nebylo možné určit jejich prostorovou polohu s požadovanou přesností. I přes naskenování uliční čáry v obou směrech, není možné zaměřit některé zakryté prostory.

Doměření bylo prováděno technologií GNSS. Během doměřování bylo zaměřeno několik bodů, které byly již určeny z mračna, a které budou později sloužit pro kontrolu homogenity.

8.1 Vodní plochy

Jak už bylo dříve zmíněno, laserový skener použitý v MMS není schopen zaměřit vodní hladinu. Proto bylo nutné, v některých případech, rozhraní vodní hladiny a terénu zaměřit klasickým způsobem.

8.2 Povrchové znaky inženýrských sítí

Ve většině případů lze na vozovce nebo na chodníku rozpoznat povrchové znaky inženýrských sítí. Většinou se projevují jako malé nerovnosti v mračnu. U některých menších objektů jako jsou šoupata a hydranty to ovšem může působit problémy. Šanci je lokalizovat můžeme zvýšit obarvením mračna například podle intenzity odrazu a pomocí fotografií získaných během sběru dat. Přímo z programu můžeme také spustit aplikace Street View od Google Maps a Panorama od Mapy.cz, které nám mohou pomoci nejen při lokalizaci šoupat a hydrantů.

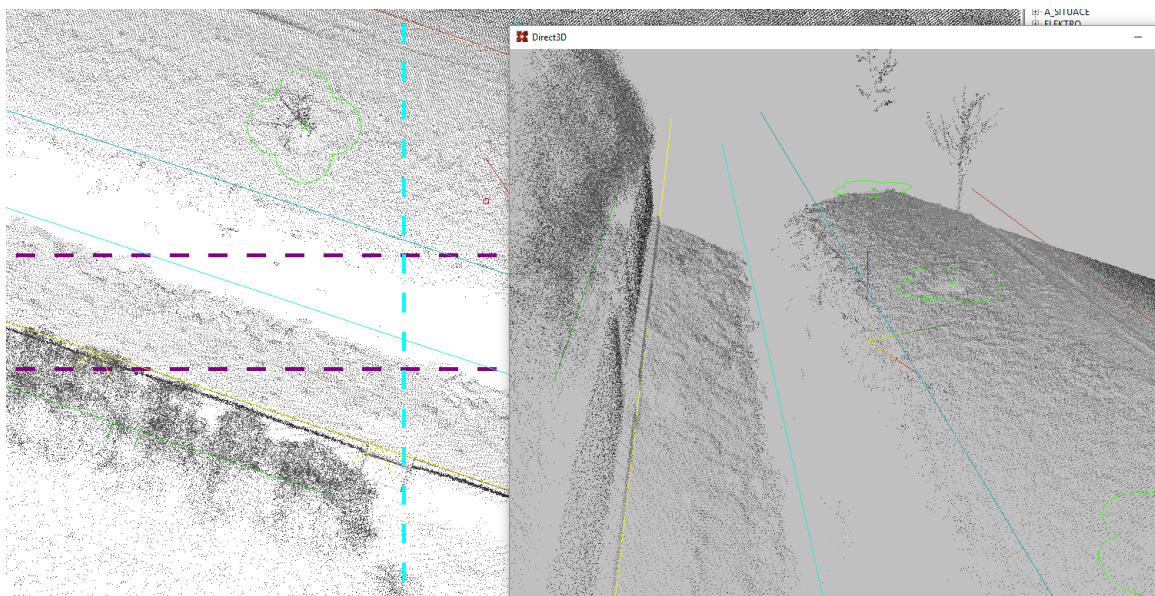
Ve velké části mnou měřeného území měla komunikace nový povrch a v důsledku toho byl problém některé povrchové znaky sítí rozpoznat. Převážně šoupata a některé hydranty byly s povrchem vozovky tak zarovnány, že v mračnu nebyly vůbec patrné anebo nebylo možné určit jejich polohu s dostatečnou přesností.

V důsledku toho bylo přistoupeno k doměření těchto objektů pomocí GNSS aparatury.

8.3 Vhloubené terénní tvary

V průběhu měření je platforma nesoucí měřicí aparaturu vyvýšena. Díky tomu je možné zaměřit i příkopy podél komunikací. Pokud je ovšem příkop dostatečně hluboký nebo je některý z vhloubených terénních tvarů vzdálený od trajektorie mapovacího systému, není možné určit jeho patu. Hrany těchto tvarů stíní a brání šíření laserových paprsků.

Téměř v celé délce mnou zpracovávaného území se podél cesty nachází příkop a v několika místech je křížena potokem. Hloubka příkopu se většinou pohybuje v rozmezí, ve kterém je možné patu určit. Nicméně se zde nachází i několik úseků, ve kterých je příkop příliš hluboký nebo příliš prudký pro určení paty. Bylo tedy potřeba doměřit chybějící body v terénu za použití běžných metod.



Obr. 20 Příkop

Potok se v místě měření nachází v poměrně hlubokém korytu. Tam kde kříží komunikaci, nebylo možné z bodového mračna určit jeho průběh v blízkosti mostu. Bylo tedy opět přistoupeno k doměření těchto prostor pomocí GNSS aparatury.

8.4 Načtení naměřených dat

Pro načtení naměřených dat byla použita funkce Natah aplikace Techline. Jako vstupní soubor jsem vybral vyexportovaný protokol měření GNSS. Program z protokolu sám vyselektuje požadované informace o naměřených bodech. O které informace se jedná určujeme ve spodní části okna „Natah“. V našem případě se jedná o bod samotný, jeho výšku a kresbu, která se ve výkresu vytvoří v závislosti na kódech přiřazených jednotlivým bodům při měření. Aby bylo možné tímto způsobem, již při načtení bodů, vytvořit linie mezi body nebo k bodům přiřadit mapové značky, je nutné připojit soubor s definicí kódů. Stejně důležité je také správně přiřazovat kódy k bodům při mapování. Body načteme tlačítkem „spustit natažení“.

NATAH - natažení bodů a kresby z textového souboru

vstupní datový soubor
C:\GeoStore\diplomky\Chvojenec_odevzdání\chvojenec ||

soubor s definicí kódů
C:\V6-KONFIG\KODYSEZ\RWE-DSPS-místa16-kodyvše.Kl ||

parametry

měřítko: 500 zakázka:

formát souřadnic: y x ☒ do aktivního výkresu

natahovat

☒ body ☐ čísla ☒ výšky ☐ kódy ☒ kresbu

spustit natažení

Obr. 21 Natažení bodů

9 Testování homogenity

9.1 Aplikace Detektiv

Detektiv je podpůrná aplikace postavená na platformě GeoStore V6. Slouží jako podpora pro vyhodnocování polohových a výškových odchylek mezi zakázkami na identických bodech. Slouží především k lokalizaci tzv. prostorů systematických chyb. Je konfigurovatelná pomocí definičních souborů.

Aplikace se snaží automaticky vytipovat pravděpodobné skupiny identických bodů z kresby grafických prvků v CAD vrstvách, uvedených v dialogu. Identickým bodem, může být vnitřní vrchol linie, koncovébody linií, pokud se vyskytují 2x z jedné zakázky nebo vztažný bod buňky. U výškových odchylek vybírá skupiny identických bodů výškopisu z textů reprezentujících výškové body. Pokud je aktivní přepínač, mohou prvky být jak v aktivním, tak v referenčních souborech. (Uživatelská příručka k aplikacím z panelu GEOUTILITY, n. d.)

Před spuštěním porovnání odchylek na identických bodech je potřeba vybrat konfigurační soubor pro jejich porovnání. Konfigurační soubor má příponu .det a je v něm vždy definováno horní ohraničení intervalu velikosti odchylky, barva úsečky odchylky definována pomocí RGB, tloušťka úsečky a CAD vrstva. Jako příklad uvádím soubor „3TR_14-20-25-40.det“.

```
* definiční soubor pro aplikaci DETEKTIV pro V6
*ČÁST POLOHOVÁ
* mez (mu), barva RGB, tloušťka, vrstva
*
*SVĚTLE MODRÁ 0-14CM
0.14 140 250 255 15 63
*
*MODRÁ MÍŇ SVĚTLE 0-20CM
0.20 0 234 255 15 63
*
*SVĚTLINCE ZELENÁ 0-25CM
0.25 191 238 2 15 63
*
*SVĚTLE ZELENÁ 0-40CM
0.40 5 255 30 15 63
*
**ORANŽOVÁ 0-50CM
*0.50 255 130 0 15 63|
**
**ČERVENÁ 0-50CM
*0.60 224 13 137 15 63
**
**HNĚDKA 0CM - 75CM
*0.75 164 123 123 15 63
```

Obr. 22 DETEKTIV definiční soubor

U polohového porovnání je sdružení identických bodů do skupin dáno největší hodnotou horního ohraničení intervalu. Polohové porovnání odchylek můžeme provádět:

- Mezi všemi zakázkami

Skupina je sdružena ze všech identických bodů všech zakázek i neurčených prvků. Je nakreslena úsečka mezi nejvzdálenějšími body skupiny.

- Neurčených se zakázkami

Skupina je sdružena ze všech identických bodů všech zakázek i neurčených prvků. Je nakreslena úsečka s počátkem v identickém bodě z neurčeného prvku a koncem v nejvzdálenějším bodu skupiny.

- Vybranou zakázkou a ostatními

Skupina je sdružena ze všech identických bodů všech zakázek i neurčených prvků. Je nakreslena úsečka s počátkem v identickém bodě z vybrané zakázky pro porovnání a koncem v nejvzdálenějším bodu skupiny.

- Porovnání dvou vybraných zakázek

Skupina je sdružena ze všech identických bodů vybraných 2 zakázek. Je nakreslena úsečka s počátkem v identickém bodě z první vybrané zakázky pro porovnání a koncem v nejvzdálenějším bodu z druhé zakázky skupiny. (Uživatelská příručka k aplikacím z panelu GEOUTILITY, n. d.)

U výškového porovnání je sdružení identických bodů do skupin dáno poloměrem kružnice o hodnotě definované pod řádkem #2 v definičním souboru. Ve skupině je vždy jedna výška označena jako BASE. Která to je, je ovlivněno zvoleným způsobem porovnání zakázek:

- Mezi všemi zakázkami

Skupina je sdružena podle definovaného poloměru z textů výšek všech zakázek. Za BASI je vybrána vždy nejnižší výška bez ohledu na zakázku. Tento způsob ukazuje pouze maximální kladné odchylky.

- Vybraná otázka s ostatními

Skupina je sdružena podle definovaného poloměru z textů výšek všech zakázek. Za BASI je vybrána nejnižší výška vybrané zakázky.

- Porovnání dvou vybraných zakázek

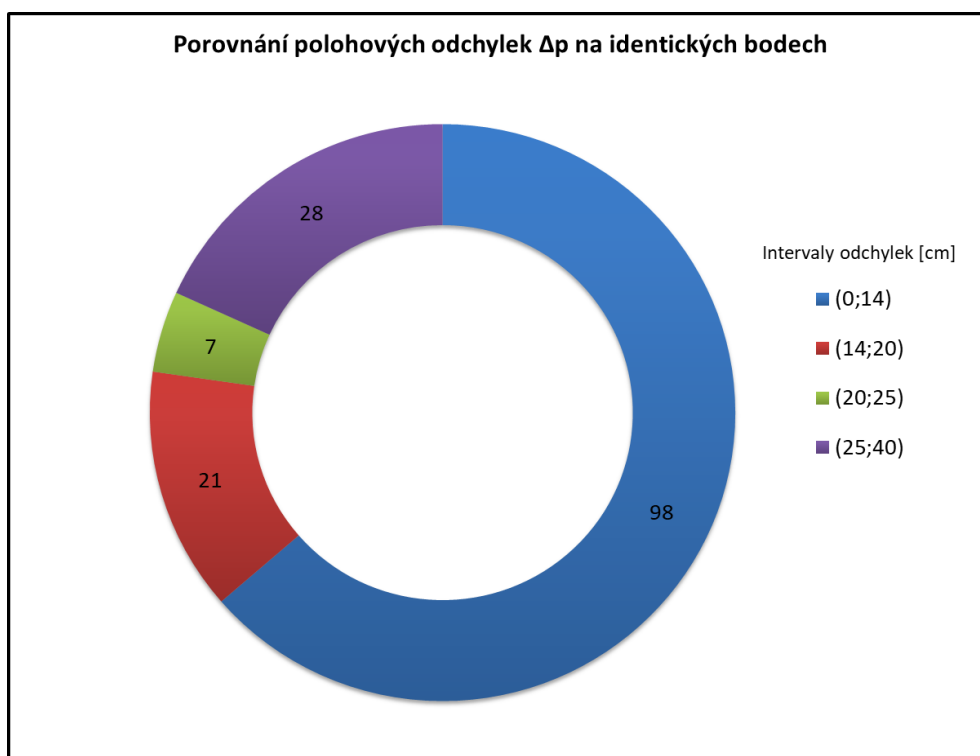
Skupina je sdružena podle definovaného poloměru z textů výšek vybraných 2 zakázek. Za BASI je vybrána nejnižší výška vybrané zakázky z prvního řádku. (Uživatelská příručka k aplikacím z panelu GEOUTILITY, n. d.)

Po spuštění zpracování se k mapě referenčně připojí nově vzniklý soubor obsahující úsečky odchylek s atributy z definičního souboru. Tyto histogramy odchylek můžeme také uložit do souboru pomocí tlačítka „do souboru“. U výškového porovnání se nám ve výkresu nevytvoří histogramy jako u polohového, ale nad porovnávanými body vygenerují jejich výšky s předem nastavenými atributy. Je taky možné zvolit vygenerování legendy. Ta se umístí do pravého horního rohu.

9.1.1 Porovnání bodů z mračna a původní mapy

Při porovnání bodů nově vzniklých vyhodnocením bodového mračna a bodů původní mapy byl použit definiční soubor označen jako „3TR_14-20-25-40.det“. Jako způsob porovnání odchylek bylo zvoleno „porovnání zakázky s ostatními“.

Při polohovém porovnání porovnáваме polohovou odchylku Δp ($\Delta p = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$).



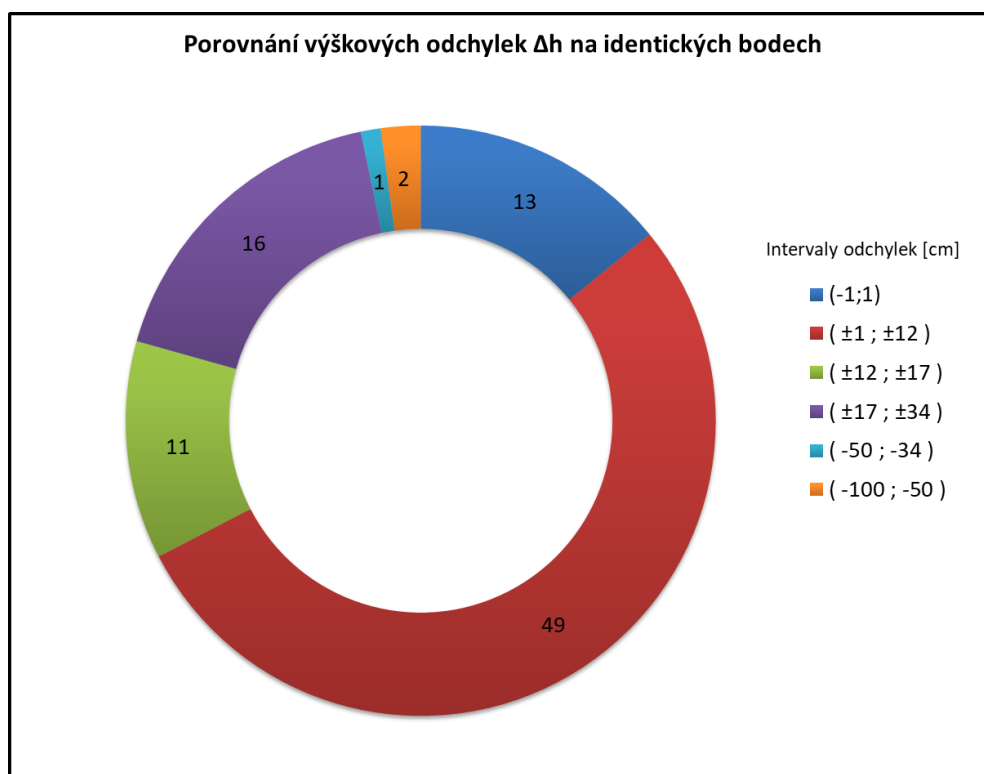
Graf 1 Polohové odchylky na identických bodech

Po bližším prozkoumání histogramů odchylek, bylo zjištěno, že ve všech případech, kdy byla polohová odchylka větší než 14 cm, se jednalo o chybné určení identického bodu. Aplikace totiž automaticky za identický bod volí bod v blízkosti, který se co nejvíce blíží horní hranici velikosti polohové odchylky definované v konfiguračním souboru. V našem případě se jedná o 40 cm.

Všech zbylých 98 bodů, které byly vyhodnoceny jako identické, má polohovou odchylku Δp menší než 14 cm.

Dále byly stejným způsobem porovnány také výškové odchylky.

U výškového porovnání porovnáváme odchylku Δh , což je rozdíl výšky bodu z původních zakázek a zakázky určené jako BASI, tedy té naší.



Graf 2 Výškové odchylky na identických bodech

Po spuštění zpracování bylo zjištěno, že pro 89 z 92 bodů, které byly určeny jako identické, je odchylka Δh menší než ± 34 cm, a tedy splňují kritérium pro 3. třídu přesnosti. Při bližší analýze jsem zjistil, že většina odchylek z intervalu (± 17 cm; ± 34 cm) vznikla z důvodu špatného určení dvou odpovídajících si bodů, nebo bylo zjevné, že se jedná o chybu při měření původních zakázek. Dále v zakázce číslo 26226 v okolí

domu č. p. 242 je hned několik bodů, které jsou oproti bodovému mračnu níže od 20 do 40 cm, obdobný případ je zakázka číslo 908. V ní je mračno na čtyřech identických bodech, na rozích hlavních uzávěrů plynu, asi o 20 cm výš. Jelikož v obou případech jsou body poměrně blízko u sebe, je možné, že se jedná o nějakou systematickou chybu.

U zbylých dvou bodů, u nichž je odchylka od -0,5 m do 1 m, bylo zřejmé, že se jedná nejspíše o chybu při pořizování dat. Oba body původních zakázek byly hluboko pod terénem.

9.2 Aplikace Transformace

V aplikaci Techline v záložce Utility nalezneme úlohu Transformace. Primárně, úloha umožňuje provádět afinní nebo Helmertovu transformaci prvků ve výkresu pomocí transformačního klíče. (Uživatelská příručka TechLine, n. d.) Díky funkci pro vygenerování protokolu s odchylkami na identických bodech lze úlohu použít k porovnávání přesnosti.

The screenshot shows the 'transformace' application window. It has two tabs: 'zpracování' (active) and 'nastavení'. Below the tabs are icons for file operations and a 'překreslení' button. The main area contains a table with columns: pořadí, zdroj X, zdroj Y, číslo bodu, cíl X, cíl Y, číslo bodu, oprava, and chyba. The table lists 7 points with their coordinates and correction values. Below the table are buttons for 'zadání ohrady', 'zrušit rádek', and 'seřadit dle oprav'. At the bottom, there are input fields for 'chyba Mx', 'chyba My', and 'chyba Mp', and buttons for 'porovnání' and 'provedení transformace'.

pořadí	zdroj X	zdroj Y	číslo bodu	cíl X	cíl Y	číslo bodu	oprava	chyba
1	-635489.05	-1054054.85		-635489.08	-1054054.83		0.021	0.042
2	-635493.85	-1054052.32		-635493.85	-1054052.28		0.033	0.042
3	-635493.72	-1054052.00		-635493.69	-1054051.97		0.066	0.041
4	-635496.66	-1054051.40		-635496.66	-1054051.37		0.036	0.042
5	-635520.37	-1054041.24		-635520.45	-1054041.25		0.062	0.041
6	-635523.66	-1054039.83		-635523.67	-1054039.77		0.031	0.042
7	-635548.83	-1054029.26		-635548.86	-1054029.22		0.004	0.042

druh transformace: Helmertova zadání ohrady zrušit rádek seřadit dle oprav

chyba Mx: 0.028 chyba My: 0.031 chyba Mp: 0.042

porovnání provedení transformace

Obr. 23 Transformace

Po spuštění úlohy Transformace klikneme na políčko „zadávání klíčových bodů“ a klikáním na jednotlivé body ve výkresu je přidáváme do úlohy. Po stisknutí na tlačítka „porovnání“ se vygeneruje protokol obsahující seznam souřadnic a výšek porovnávaných bodů, jejich rozdíly na identických bodech, charakteristiky přesnosti a jejich kritéria pro 3. Třídu přesnosti.

Ukázka protokolu:

č.b.(pův) y(pův) x(pův) z(pův) č.b.(měř) y(měř) x(měř) z(měř)

 - 642122.395 1058212.320 231.940 767 642122.460 1058212.410 233.660
 - 642113.326 1058216.558 232.050 768 642113.360 1058216.630 233.830
 - 642140.544 1058218.899 231.620 755 642140.620 1058219.020 233.220
 - 642121.395 1058229.651 231.160 - 642122.452 1058230.664 -
 - 642111.466 1058239.032 - - 642114.460 1058240.790 -

Rozdíly souřadnic (pův)-(měř)

 dvojice delta(y) delta(x) poloh.odchylka delta(p)<0.239 pro 3.tř.př.
 1 -0.065 -0.090 0.111
 2 -0.034 -0.072 0.080
 3 -0.076 -0.121 0.143
 4 -1.057 -1.013 1.464 nesplněno
 5 -2.994 -1.758 3.472 nesplněno

Kritérium přesnosti souřadnic pro 3.tř.př.: $\sigma(xy)=0.14m$

 směrodatné odchytky souřadnic pro měření o stejné přesnosti ($k=2$): $S_x=1.005$, $S_y=0.644$
 směrodatné odchytky souřadnic pro měření o vyšší přesnosti ($k=1$): $S_x=1.421$, $S_y=0.910$
 výběrová směrodatná souřadnicová odchylka pro měření o stejné přesnosti: $S_{xy}=0.844$
 výběrová směrodatná souřadnicová odchylka pro měření o vyšší přesnosti: $S_{xy}=1.193$

Rozdíly výšek (pův)-(měř)

 dvojice delta(H) < 0.241m pro zp.povrch a vyšší přesnost < 0.34m pro zp.povrch a shod. přesnost
 1 -1.720
 2 -1.780
 3 -1.600

průměr -1.700

 Kritérium přesnosti výšek pro 3.tř.př.: $\sigma(H)=0.12m$ pro zpev.povrch (0.36m pro nezp.povrch)

 výběrová směrodatná výšková odchylka pro měření o stejné přesnosti ($k=2$): $S_h=1.203$
 výběrová směrodatná výšková odchylka pro měření o vyšší přesnosti ($k=1$): $S_h=1.702$

Porovnání přesnosti bodů určených z bodového mračna a bodů získaných pomocí GNSS

Jako identické body byly zvoleny body, jejichž souřadnice a výška byly určeny z bodového mračna a zároveň byly zaměřeny pomocí aparatury GNSS během doměřování chybějících prvků polohopisu. Pro porovnání bylo zvoleno 45 bodů, z toho převážně šoupata a hydranty.

Z provedeného porovnání vyplývá:

Polohové porovnání		Výškové porovnání	
σ_{xy}	0,14m	σ_H	0,12m
Δp	0,239m	Δh	0,241m
$max. \Delta p$	0,102m	$max. \Delta h$	0,07m
S_{xy}	0,027m	S_H	0,023m
$S_x = 0,028m$	$S_y = 0,027m$	-	-
$S_{xy} \leq \omega_{2N} \cdot u_{xy}$	$\omega_{2N} \cdot u_{xy} = 0,157m$	$S_H \leq \omega_{2N} \cdot u_H$	$\omega_{2N} \cdot u_H = 0,135m$

Tabulka 1 Výsledky testování homogenity – Transformace

10 Aplikace Revize

10.1 Popis

Aplikace Revize slouží ke kontrole obsahu výkresů GeoStore V6 před dalším zpracováním.

V definičních souborech *.dat jsou nadefinovány projekty a kategorie- typy výkresů, ke kterým se vztahují další definiční soubory s pravidly pro kontrolu a opravu. Všechny definiční soubory pro danou kategorii mají jméno stejné jako název kategorie a příponu podle typu úlohy, pro kterou slouží.

Pro každý výkres se vytvoří PROTOKOL O ZPRACOVÁNÍ APLIKACÍ REVIZE - textový soubor, do kterého se zaznamenává čas, typ spuštěné úlohy a výsledek zpracování. Protokol má stejný název jako výkres a příponu .rev. (Revize pro prostředí GeoStore V6, n. d.)

V okně Revize jsou kontrolní a opravné úlohy rozděleny do pěti karet:

- Grafika
- Topologie
- Body
- Topologie sítě
- Atributy
- Topologie ploch

Jednotlivé úlohy spouštíte tlačítkem „Start“ na příslušném řádku. Pokud se vedle tlačítka objeví zelený symbol odškrtnutí, proběhla úloha bez chyb, pokud se objeví červený křížek, zjistila úloha v aktuálním výkresu chyby. Pokud je použito tlačítko „Oprava“, provádí se kromě kontroly rovnou také oprava chybných prvků. Zpracování probíhá v rozsahu celého aktivního výkresu. (Revize pro prostředí GeoStore V6, n. d.)

10.2 Grafika

- Výpis obsahu výkresu
= Provádí výpis obsahu výkresu do protokolu
- Kontrola symbologie podle etalonu
= Provádí formální kontrolu symbologie (grafických atributů) prvků ve výkresu.

- Nepovolené typy prvků
 - = Kontroluje přípustnost typů prvků ve výkresu, případně provádí opravy podle kontrolního souboru.
- Velikost prvků, zaokrouhlení
 - = Kontroluje a případně opravuje atributy velikosti prvků. Kontroluje a případně zaokrouhluje souřadnice bodů prvků.
- Nulová délka linií ve vrstvě bodů
 - = Kontroluje délku lomených čar ve vrstvách určených pro body (definovaných v *.BOD souboru).
- Kontrola a justifikace textů podle etalonu
 - = Kontroluje a opravuje justifikaci textů podle definice v souboru XML a nastavení v souboru JUS.
- Výměna buněk z knihovny
 - = Vyměňuje buňky ve výkrese za buňky z knihovny.
- Oprava rotace buněk a textů
 - = Podle etalonu je buňkám a textům ve výkresu nastavena rotace.

10.3 Topologie

- Duplicitní prvky
 - = Umožňuje kontrolovat nebo opravovat (mazat z výkresu nebo přesunovat do jiné vrstvy) duplicitní prvky.
- Kontrola volných konců linií
 - = Vyhledává volné konce liniových prvků.
- Kontrola křížení linií a blízké vrcholy
 - = Umožňuje vyhledat křížení liniových prvků a vrcholy linií, v jejichž blízkosti procházejí prvky ve vzdálenosti menší než definovaná tolerance.
- Kontrola blízkých buněk
 - = Kontroluje vzdálenosti mezi buňkami podle parametrů definovaných v BLC (typ kontrolního souboru) souboru.
- Kontrola blízkých textů
 - = Kontroluje vzdálenosti mezi texty podle parametrů definovaných v BLT souboru.
- Rozložení lomených čar
 - = Rozkládá lomené čáry na kratší lomené čáry nebo úsečky, podle parametrů definovaných v definičním souboru ROZ (typ kontrolního souboru).

- Výměna obsahu textů
 - = Vymění hodnotu textu ve výkrese za jinou podle definičního souboru VYT (typ kontrolního souboru).
- Kontrola čitelnosti textů
 - = Lokalizuje vzájemný překryt obdélníkových rozsahů textů, a tím možné problémy s jejich čitelností. Kontrola se řídí podle souboru CIT (typ kontrolního souboru).

10.4 Body

- Formát a umístění výšek
 - = Kontroluje formát textu výšek a jejich polohu vzhledem k měřeným bodům.
- Kresba vede přes body
 - = Kontroluje, zda v klíkových nebo vztažných bodech kresby leží měřené body.
- Body bez kresby
 - = Kontroluje, zda měřené body reprezentují polohu klíkových případně vztažných bodů kresby se stejným atributem ZAKAZKA jaký mají měřené body.
- Doplnění bodů
 - = V některých projektech (např. DTM DMVS Plzeňského kraje) je vyžadována 100% existence bodů pod kresbou. Přitom některé body by měly být podrobné měřené a některé body mohou být vloženy uměle jako tzv. mezilehlé body.
- Rozlišení bodů podle kresby
 - = Podle toho, zda je v bodě nebo výšce obsažena kresba, či nikoli převádí body a výšky mezi 2 skupinami.
- Seznam bodů s výškami
 - = Automaticky vytvoří na základě grafiky seznam souřadnic ve formátu *.csv
- Kontrola souladu seznamu bodů s grafikou
 - = Kontroluje, zda souhlasí textový seznam souřadnic s body a výškami nataženými v grafice. (Revize pro prostředí GeoStore V6, n. d.)

11 Porovnání klasické reambulace a pomocí MMS

11.1 Šoupata a zastíněné prostory

Jednou z nevýhod MMS oproti klasickým metodám reambulace je, že při najetí uličních čar pomocí MMS nevíme zcela přesně, co všechno skenery zachytily anebo jestli některé z naměřených objektů nepůjdou z mračna zcela jasně určit. Při měření například polární metodou, víme, které konkrétní body je potřeba zaměřit a zda se nám to povedlo.

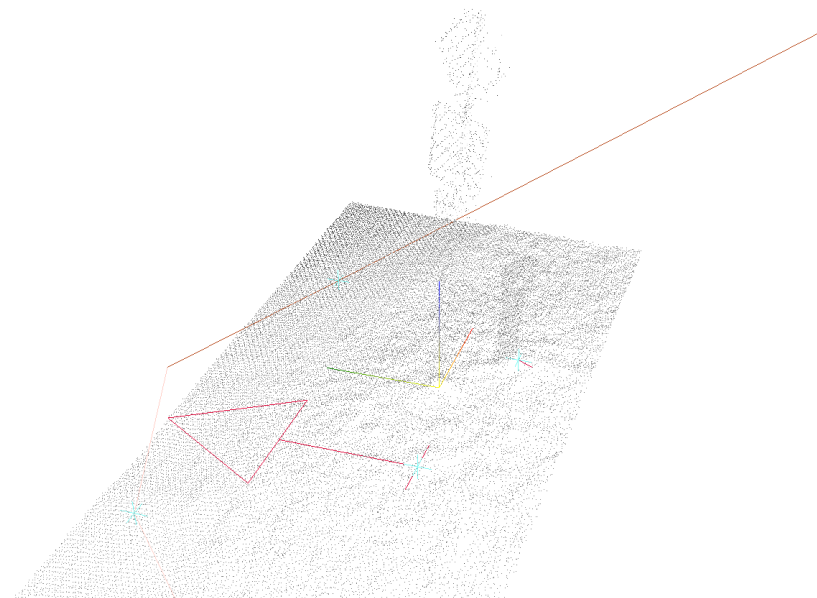
V našem případě se jedná například o zastíněné prostory v okolí pat příkopů anebo o určení průběhu potoka v příliš hlubokém korytu. Tyto chybějící prvky bylo potřeba následně doměřit aparaturou GNSS.

Jako další nevýhodu oproti klasickým metodám lze uvést možné opomenutí určení některého z povrchových znaků inženýrských sítí. Ne vždy je totiž například šoupě nebo hydrant v mračnu rozpoznatelný na první pohled a může se stát, že je natolik nevýrazný, že si jej jednoduše nevšimneme. Aby se takovýmto situacím předešlo, jsou během měření pořizovány snímky mapovaného území a je možno využít i některé z internetových aplikací jako Streetview nebo Panorama, ovšem nic z toho nám nedává úplnou jistotu.

11.2 Mírně posunuté objekty

Velkou výhodou MMS oproti klasickým metodám je to, že zaměří veškeré objekty v mapovaném území bez ohledu na to, zda už se v mapě nacházejí nebo ne. Při pochůzce v terénu můžeme špatně vyhodnotit polohu některých objektů, například lampy, dopravní značky, sloupy, a v původní mapě si je označit jako aktuální. V důsledku toho nebudou zaměřeny s ostatními aktualizovanými prvky a v reambulované mapě mohou být o desítky centimetrů i o několik metrů chybně umístěny.

Při analýze bodového mračna v programu si takovýchto objektů jasně všimneme a jejich polohu opravíme.



Obr. 24 Dopravní značka

11.3 Časová náročnost

K tomu abychom mohli porovnávat časovou náročnost obou způsobů reambulace si je potřeba ujasnit rozsah a charakteristiku reambulovaného území.

Pokud se bavíme o území malého rozsahu, které jsme schopni během jednoho dne zaměřit polární metodou, potom se použití MMS jeví jako nehospodárné. I když by samotné měření bylo rychlejší, následné zpracování a selekce bodů z mračka by bylo složitější a časově náročnější.

To samé můžeme říci o území, které je sice o něco větší, ale kvůli vegetaci, tvaru terénu nebo jiným objektům vzniká množství zakrytých prostor. Pokud se v takto zastíněných prostorech nacházejí prvky, které mají být obsahem mapování, bude potřeba využít klasických geodetických metod pro jejich zaměření. V takovémto případě už musíme uvážit počet míst, které bude potřeba doměřit a zda se nám využití MMS vůbec vyplatí.

Neocenitelný přínos má MMS při mapování rozsáhlých území. Dobu měření můžeme snížit z několika dní i týdnů na řády hodin. Pokud měření navíc provádíme v období vegetačního klidu, můžeme značně eliminovat množství zakrytých prostor. Pokud se i přes to nepodaří zaměřit všechno potřebné a bude třeba provést doměření, pořád se jedná o velkou časovou úsporu.

Obecně tedy nelze říct, které z metod je rychlejší nebo lepší. Vždy se musí uvážit charakter mapovaného území.

12 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo aktualizovat ÚMPS VC za použití dat získaných pomocí MMS firmou Geovap, spol. s r.o. s využitím programu Geostore V6. Reambulace byla prováděna v části obce Chvojenec v Pardubickém kraji. Mapa byla vyhotovována podle Metodického pokynu pro aktualizaci ÚMPS VC a následně nahrána do databáze Technické mapy Východních Čech. Celá zakázka byla zpracovávána za účelem vyhotovení mapového podkladu pro opravu plynovodu.

V první části práce je teoreticky popsána aktualizovaná mapa a stručně popsány možné způsoby její reambulace. Dále je zde charakterizována metoda sběru dat pomocí MMS, vyhotovení bodových mračen z těchto dat a mapovací zařízení Lynx Mobile Mapper použité při jejich pořizování. Ve větší části práce je popsán postup zpracování bodových mračen poskytnutých firmou Geovap, spol. s r.o. v programu Geostore V6. Během toho bylo zjištěno, že ne všechny objekty požadované v ÚMPS lze určit z bodového mračna. Proto jsem přistoupil k doměření těchto prvků pomocí aparatury GNSS. Dále byla ověřena homogenita původní mapy, prvků získaných vektorizací mračna a prvků doměřených GNSS. Poslední část práce se zabývá kontrolou a opravou výsledné aktualizované mapy před nahráním do databáze pomocí aplikace Revize. Následuje porovnání reambulace za použití MMS a klasickým způsobem. Jelikož byla aktualizace realizována pouze jedním způsobem, je porovnání provedeno jen na základě informací a zkušeností při ní získaných a obecných znalostech problematiky reambulace.

13 Bibliografie

Cimpl, T. (2013). *Aktualizace DTMM s využitím mobilního skenovacího systému* (Bakalářská práce, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Brno).

ČSN 01 3410: *Mapy velkých měřítek. Základní a účelové mapy*. (1990). Praha: Vydavatelství norem.

ČSN 73 0402: *Značky veličin v geodézii a kartografii*. (2010). Praha: Vydavatelství norem.

Manda, D. (2013). *Mobilní mapování* (Bakalářská práce, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Brno).

Metodický pokyn pro aktualizaci ÚMPS VC. (2009). Pardubice.

Nováčková, S. (2012). *Testování přesnosti mobilního mapovacího systému MOMAS* (Bakalářská práce, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Brno).

Pácal, K. (2016). *GRID_MP_G11_12_04*. (04). GasNet.

quantum 3D. In: *quantum 3D*. (c2005-2019). Pardubice: GEOVAP, spol. s r.o.. Retrieved from: <http://www.quantum3d.cz/website/topmenu/mobilni-mapovani/>

quantum 3D: LYNX Mobile Mapper. (n. d.). *quantum 3D: LYNX Mobile Mapper*. Retrieved from: http://www.quantum3d.cz/__pfile/web/15-b9ab6552fe42fe6f5a6cb9742c5cb1f54f897780819c2a0ae87c5c6e135e9183/lynx.pdf

Ravčuk, A. (2011). *Testování přesnosti mobilního mapovacího systému* (Bakalářská práce, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Brno).

Revize pro prostředí GeoStore V6. (n. d.). (Verze 6.8.7.2). GEOVAP, spol. s r.o., Pardubice.

Slovník VÚGTK. (c2005-2019). *Slovník VÚGTK*. Retrieved from: https://www.vugtk.cz/slovník/1233_reambulace-mapy

Technická mapa. (n. d.). Retrieved from: <http://technickamapa.cz/index.html>

Uživatelská příručka ADISPLAY. (n. d.). (Verze 6.7.9.1). GEOVAP, spol. s r.o., Pardubice.

Uživatelská příručka aplikace V6_3D pro prostředí GeoStore V6. (n. d.).

Uživatelská příručka GeoVýpočty GV V6. (n. d.). (Verze 6.6.6.1). GEOVAP, spol. s r.o., Pardubice.

Uživatelská příručka k aplikacím z panelu GEOUTILITY. (n. d.). GEOVAP, spol. s r.o., Pardubice.

Uživatelská příručka TechLine. (n. d.). (Verze 6.7.7.1). GEOVAP, spol. s r.o., Pardubice.

14 Seznam obrázků a tabulek

Obr. 1 LYNX Mobile Mapper („quantum 3D“, c2005-2019)	14
Obr. 2 Aplikace ADisplay	20
Obr. 3 Trajektorie a snímky	21
Obr. 4 Rozsah zobrazení	22
Obr. 5 Odečet výšky	22
Obr. 6 Připojení mračen	23
Obr. 7 Zobrazení mračen	24
Obr. 8 3D okno	25
Obr. 9 Odečet výšky	26
Obr. 10 Budova shora	27
Obr. 11 Budova 3D okno	28
Obr. 12 Sloup shora	28
Obr. 13 Sloup boční pohled	28
Obr. 14 Silnice 3D okno	29
Obr. 15 ProjectDraw	29
Obr. 16 Atributy geometrických entit	29
Obr. 17 Vodní plocha	31
Obr. 18 Uliční vpust' boční pohled	32
Obr. 19 Uliční vpust' pohled shora	32
Obr. 20 Příkop	34
Obr. 21 Natažení bodů	35
Obr. 22 DETEKTIV definiční soubor	36
Obr. 23 Transformace	40
Obr. 24 Dopravní značka	46

<i>Tabulka 1 Výsledky testování homogenity - Transformace</i>	<i>41</i>
---	-----------

15 Seznam grafů

Graf 1 Polohové odchylky na identických bodech	38
Graf 2 Výškové odchylky na identických bodech	39

16 Seznam použitých zkratk

MMS	Mobilní mapovací systém
GNSS	Global Navigation Satellite System
IMU	Inertial measurement unit
ÚMPS VC	Účelová mapa povrchové situace Východních Čech
IS	Inženýrské sítě
SSVČ	Sdružení správců Východních Čech
S-JTSK	Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
Bpv	Balt po vyrovnání
GIS	Geografický informační systém
3D	trojrozměrný
VÚGTK	Výzkumný Ústav Geodetický Topografický a Kartografický
POS LV	Position and Orientation System for Land Vehicles
GPS	Global Positioning System
UTM	Universal Transverse Mercator coordinate system
CFM	Center For Mapping
CAD	Computer Aided Design
WMS	Web Map Service

17 Seznam příloh

Příloha č. 1	Ukázka rozsahu reambulace
Příloha č. 2	Reambulovaná mapa (ve formátu .wkb)